

1965
WÜRZBURG
Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für
Hals-, Nasen- und Ohrenkranke Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. H. Wullstein

NORMHÖRSCHWELLE FÜR KINDER IM ALTER VON 6 BIS 10 JAHREN

INAUGURAL - DISSERTATION

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Peter Neumann
aus Weißwasser O/L

Würzburg 1965

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY, PY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153518_0093

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für
Hals-, Nasen- und Ohrenkranke Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. H. Wullstein

NORMHÖRSCHWELLE FÜR KINDER IM ALTER VON 6 BIS 10 JAHREN

INAUGURAL - DISSERTATION

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Peter Neumann
aus Weißwasser O/L

Würzburg 1965

Referent: Professor Dr. med. H. Wullstein

Tag der Promotion: 20. 4. 66

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

MEINEN ELTERN

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Gliederung	
Einleitung	1
Wahl der Untersuchungspersonen	3
Untersuchungsmethode	3
Auswertung der audiologischen Untersuchungsergebnisse	6
Abbildungen	13
Ergebnisse	21
Schlußbetrachtung	29
Literaturverzeichnis	

GLIEDERUNG

1. Einleitung
2. Wahl der Untersuchungspersonen
3. Untersuchungsmethode
 - a) Auswahl der Personen
 - b) Klinische Untersuchung
 - c) Audiologische Untersuchung
4. Auswertung der audiologischen Untersuchungsergebnisse
 - a) Einteilung des gesamten Personenkreises
 - b) Berechnung der Hörschwelle
 - c) Varianzanalyse
 - d) Graphische Darstellung
5. Ergebnisse
 - a) Einzelgruppen
 - b) Vergleich der Gruppen untereinander
 - c) Normhörschwelle für Kinder im Alter von 6 bis 10 Jahren
 - d) Graphische Darstellung der Normhörschwelle im absoluten Maßsystem
 - e) Vergleich mit anderen Untersuchern
6. Schlußbetrachtung

EINLEITUNG

Diese Arbeit beschäftigt sich mit einer Normhörschwelle bei Kindern im Alter von 6 - 10 Jahren. Eine Normhörschwelle für Erwachsene wird von den verschiedensten Autoren angegeben. Arbeiten über eine solche Hörschwelle bei Kindern wurden aber nur in sehr geringem Umfang veröffentlicht.

In England beschäftigten sich HINCHCLIFF (9), WHEELER und DICKSON (16), DADSON (4) und DADSON und KING (6) mit diesem Problem. HINCHCLIFF untersuchte einen bestimmten Personenkreis einer vorwiegend ländlichen Bevölkerung, wobei er sich besonders mit der Abhängigkeit der Hörschwelle von Alter und Geschlecht befaßte. Er kommt zu dem Ergebnis, daß sich die Hörschwelle mit zunehmendem Alter erhöht und daß die Schwelle beim weiblichen Geschlecht entsprechend dem Alter biologisch normal verläuft, während sie bei Männern durch die verschiedensten Lärmtraumen verändert wird. Kinder oder Jugendliche berücksichtigte er bei der Ausführung seiner Versuche nicht. WHEELER und DICKSON bestimmten nach eingehender klinischer und audiologischer Prüfung eine Hörschwelle bei 1000 Ohren von männlichen Personen im Alter zwischen 18 und 23 Jahren. DADSON berichtet über eine Schwelle nach Audiometrie von 1200 ohrgesunden jugendlichen Probanden für die Frequenzen von 0,08 kHz bis zu 10 kHz. Zusammen mit KING teilt DADSON die Ergebnisse einer audiologischen Prüfung von 100 Personen zwischen 18 und 25 Jahren mit. Alle oben genannten Autoren legten Wert darauf, eine Hörschwelle für Personen ab 18 Jahren zu bestimmen, bei Kindern wurde eine solche Schwelle von ihnen nicht bestimmt. In Amerika dient zur Standardisierung der Eichwerte der Audiometer die Arbeit von STEINBERG, MONTGOMERY, GARDNER (16), die auf der Weltausstellung in New York 1939 einen großen Kreis von Personen audiometrierten und daraus eine Hörschwelle ermittelten. Über das Verhältnis dieser Hörschwelle zur deutschen Hörschwelle teilt MRASS (11) nähere Einzelheiten mit.

In Deutschland führten MRASS und DIESTEL (12) und de la ROSÉ (14) ähnliche Versuche durch. De la ROSÉ nahm diese Untersuchungen über das normale Hörvermögen in den verschiedenen Lebensaltern an Klinikpatienten vor. Er audiometrierte sowohl Erwachsene als auch Kinder, jedoch lag auch bei ihm der Schwerpunkt auf der Hörprüfung der Erwachsenen. Dieser Personenkreis von Klinikpatienten scheint schon eine gewisse Irrtumsmöglichkeit einzuschließen, denn von einer Auswahl gesunder normalhörender Menschen kann in diesem Zusammenhang wohl kaum gesprochen werden. Außerdem traf er vor Beginn der Audiometrie eine strenge Auswahl. Er eliminierte alle Personen, die jemals eine Ohrenerkrankung überstanden hatten, die man aber als normalhörend betrachten müßte, desgleichen Personen, die die Flüstersprache aus weniger als 10 m Entfernung hörten. Aus der Arbeit von MRASS und DIESTEL entstand die zur Zeit gültige deutsche Normhörschwelle für Erwachsene. Sie audiometrierten 70 Probanden im Alter von 18 bis 30 Jahren nach eingehender klinischer Untersuchung und Entfernung aller Personen, deren Hörschwelle in einem anfangs angefertigten Übersichtsaudiogramm pro Frequenz um mehr als 15 dB von dem häufigsten Wert abwich. Sie legten also ihrem Versuch ebenfalls optimale Bedingungen zugrunde.

Die jetzt durchgeführte Untersuchung sollte eine Normhörschwelle für Kinder im Alter von 6 - 10 Jahren erbringen. Die Kinder wurden dazu nach einem Zufallsverfahren ausgewählt. Sie sind im landläufigen Sinne als normalhörend zu betrachten, d.h. weder den Eltern der Kinder noch den Lehrern oder den Kindern selbst war jemals eine Schwerhörigkeit aufgefallen.

Ein Vergleich mit anderen Untersuchungen, die an Erwachsenen (STEINBERG u.a., HINCHCLIFF, DADSON und KING, WHEELER und DICKSON, MRASS und DIESTEL) und Kindern (de la ROSÉ) bereits durchgeführt wurden, erschien gleichfalls interessant.

Außerdem ermöglicht die gefundene Normhörschwelle für Kinder einen Vergleich mit der deutschen und amerikanischen Hörschwelle für Erwachsene.

WAHL DER UNTERSUCHUNGSPERSONEN

Die Untersuchungen führte man in einer Stadt von 120 000 Einwohnern (Würzburg) durch. Es wurden sowohl Schulen im Stadtzentrum als auch solche in den Stadtrandgebieten einbezogen. Die soziale Zusammensetzung in den Schulen war sehr verschieden.

Insgesamt wurden 4200 Schulkinder im Alter von 6 bis 10 Jahren in den Schuljahrgängen 1 bis 4 auf Hörstörungen geprüft. Dies geschah im Zusammenhang mit einer größeren Reihenuntersuchung auf Hör- und Sprachstörungen in den Volksschulen im Jahre 1963.

Von den 4200 voraudiometrierten Kindern wurden etwa 10 % zur weiteren Untersuchung in die Klinik einbestellt.

UNTERSUCHUNGSMETHODE

a) Auswahl der Personen

Von den 4200 Kindern, die in den Schulen audiometriert worden waren, wählte man nach einer Zufallstafel (SNEDECOR (15)) 399 Kinder aus. Das sind 9,5 % der Kinder. Diese Probanden wurden brieflich zu einer klinischen und audiologischen Untersuchung in die Universitätsklinik für Hals-Nasen- und Ohrenkrankheiten einbestellt. Auf einem Sonderabschnitt bestätigten die Eltern schriftlich, daß sie von der Einladung der Klinik Kenntnis genommen hätten. Diesen Abschnitt gaben die Kinder wieder in der Schule ab. Durch die Art der Einbestellung sollte erreicht werden, daß möglichst viele Kinder zur Untersuchung in die Klinik kommen. Das wäre eventuell nicht erreicht worden, wenn die Einbestellung nur brieflich direkt an die Eltern erfolgt wäre.

Von den 399 einbestellten Kindern kamen 202 in die Klinik. Davon lagen zur Auswertung 179 Audiogramme vor, 23 Audiogramme konnten wegen der ungenauen Angaben der Kinder nicht in die Berechnung des Mittelwertes einbezogen werden. Die 179 Audiogramme stellen 45 % aller zur nachfolgenden klinisch-audiologischen Untersuchung eingeladenen Kinder dar.

Tabelle 1

Schule	bestellt	gekommen	unverwertbare Audiogramme	ausgewertete Audiogramme
I	89	52	5	47
II	127	67	8	59
III	83	40	4	36
IV	53	16	3	13
V	47	27	3	24
	399	202	23	179

Insgesamt wurden 4,3 % der 4200 in den Schulen audiometrierten Kinder ein zweites Mal klinisch und audiologisch untersucht. Diese Audiogramme lagen dann zur weiteren Auswertung vor.

b) Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung erfolgte im Rahmen der Poliklinik. Sie führten Fachkräfte der Hals-Nasen-Ohrenklinik durch.

Bei den Kindern wurde dabei nach bestehenden Trommelfeldefekten und früheren Ohrenerkrankungen gefahndet. Röntgenaufnahmen fertigte man nicht an. Von den Kindern, die in die Poliklinik gekommen waren, gaben 12,8 % in der Anamnese eine Ohrenerkrankung an. Es handelte sich dabei meist um akute Erkrankungen, die nur kurze Zeit gedauert hatten. Oft gaben die Eltern aber auch nur an, daß die Kinder an einer nicht näher bekannten Ohrenerkrankung gelitten hätten. Genauere Angaben konnten nicht erhalten werden. Zum Zeitpunkt der Einbestellung litten 1,1 % an einer Ohrenerkrankung oder hatten einen Trommelfeldefekt. Von 87,2 % der untersuchten Kinder konnten keine Angaben erhalten werden oder sie äußerten, noch nie an einer Ohrenerkrankung gelitten zu haben.

Alle Kinder waren im landläufigen Sinne normalhörend. Weder die Eltern noch die Lehrer hatten jemals eine Schwerhörigkeit bemerkt. Als normalhörend ist also zu verstehen, daß alle Probanden im täglichen Leben über ein normales Hörvermögen verfügten, daß sie ohne Schwierigkeiten die Umgangssprache verstehen konnten.

Da es sich darum handelte, eine Normhörschwelle zu ermitteln, wurden auch Kinder mit einer Ohrenerkrankung in der Anamnese oder mit einem klinischen Befund, die aber als normalhörend galten, in die weitere Untersuchung hineingenommen. Eine bestimmte Auswahl der zu audiometrierenden Kinder unterblieb. Es sollte keine optimale Hörschwelle gefunden werden, sondern man wollte eine Normhörschwelle ermitteln. Diese stellt also einen Durchschnittswert dar, der sowohl besonders gut hörende als auch schlechter hörende Kinder erfaßt.

c) Audiologische Untersuchung

Die Audiometrie wurde in der Klinik mit dem Atlas-Klinik-Audiometer Type EM 40 durchgeführt. Die Audiometer sind für Luftleitung entsprechend der Arbeit von MRASS und DIESTEL (12) geeicht. Als Kopfhörer diente der Hörer DT 48. Die Eichung der Knochenleitung erfolgte nach der Methode von CAHART.

Die Frequenzgenauigkeit beträgt 10 %. Es ist daher statthaft, die harmonische Tonreihe (c1-256 Hz, c2-512 Hz, c3-1024 Hz, c4-2048 Hz, c5-4096 Hz, c6-8192 Hz) durch die in der Technik bevorzugten abgerundeten Frequenzen (250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz) anzugeben.

Die Audiometrie erfolgte nach der aufsteigenden Methode. Dabei wird dem Probanden zuerst ein unterschwelliger Ton angeboten, der dann soweit verstärkt wird, daß er von der Versuchsperson gerade gehört wird. Anschließend wird nochmals eine Kontrolle in der gleichen Weise durchgeführt. Wenn die Angaben beim zweiten Male um 10 dB oder mehr von den ersten abwichen, wurden die Audiogramme nicht in die Auswertung einbezogen. Deshalb konnten 23 Audiogramme nicht verwandt werden.

Bei sämtlichen Kindern prüfte man die Luft- und Knochenleitung bei den Frequenzen 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 Hz. Die Audiometrie führte der Untersucher nicht selbst durch; es erschien ratsam, sie von erfahrenen Fachkräften vornehmen zu lassen.

Es wurde außerdem noch das Verständnis der Flüstersprache geprüft, das jeweils dem Audiogramm entsprach.

Eine Sprachaudiometrie führte man nicht durch, da bei Kindern im ersten Schuljahr die Tests nicht adäquat sind, insbesondere der einsilbige Worttest.

Die Audiometrie folgte der klinischen Untersuchung.

AUSWERTUNG DER AUDIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

a) Einteilung des gesamten Personenkreises

Nach Abschluß der Audiometrie standen zur Auswertung 179 Audiogramme zur Verfügung. Das sind 4,3 % der 4200 in den Schulen untersuchten Kinder. Diese 179 Audiogramme wurden in vier Gruppen aufgeteilt, wobei man das Alter der Kinder als Kriterium der Aufteilung zugrunde legte.

Tabelle 2

Jahre	6,1 - 7	7,1 - 8	8,1 - 9	9,1 - 10
179	55	48	42	34
100 %	30,7 %	26,6 %	23,4 %	18,9 %

Diese Einteilung entspricht der schulischen Eingliederung der Kinder.

Die Einteilung in diese vier Gruppen geschah, um in der vorliegenden Population ein möglichst genaues Bild vom Hörvermögen in den einzelnen Lebensjahren zu bekommen. Eine Gliederung in Knaben und Mädchen erscheint unzweckmäßig, da angenommen werden kann, daß die Lärmexposition bei Knaben und Mädchen im schulpflichtigen Alter etwa gleich ist. Große Unterschiede wären somit bei dieser Gliederung nicht zu erwarten gewesen.

Im späteren Leben verschiebt sich diese Relation jedoch beträchtlich. Im höheren Alter liegt die Hörschwelle der Männer unter der der Frauen (HINCHCLIFF (9), de la ROSÉ (14)). Die getroffene Aufteilung in die vier Gruppen von 6,1 - 7; 7,1 - 8; 8,1 - 9; 9,1 - 10 Jahren ermöglicht es, die Aussagen von de la ROSÉ über das Hörvermögen im Alter von 7 bis 10 Jahren bei 28 Kindern noch stärker zu präzisieren. Ein Vergleich zwischen

dieser Untersuchung und de la ROSÉ ließe sich so leichter durchführen. Da die Schulen der Kinder in Wohngebieten mit verschiedener sozialer Zusammensetzung liegen, wäre eine Einteilung nach sozialen Gesichtspunkten erwägenswert gewesen. Diese hätte etwa der beruflichen Gliederung der Bevölkerung folgen können. Dabei wäre eventuell zu erwarten gewesen, daß infolge schlechterer sozialer Umweltbedingungen das Hörvermögen bei den schlechter gestellten Gruppen merklich von dem Durchschnitt abweicht. Die Gründe dafür könnten sein:

1. Schlechtere Wohnverhältnisse,
2. vermehrte adenoide Vegetationen (HARDY und BORDELY (7)),
3. vermehrte Erkrankung an Infektionskrankheiten,
4. schlechtere Erbanlagen, besonders die Schleimhautverhältnisse des Mittelohres betreffend.

Die zur Auswahl führende Hörreihenuntersuchung in den Schulen zeigte aber, daß eine solche Einteilung völlig unzweckmäßig gewesen wäre, denn der eventuell zu erwartende Unterschied ergab sich bei dieser Einteilung nicht. Die Gliederung in die oben erwähnten vier Altersgruppen war damit die zweckmäßigste und aussagenstärkste.

b) Berechnung der Hörschwelle

Die zur Auswertung vorliegenden Audiogramme wurden ausgemessen und die Ergebnisse entsprechend dem Alter in die vier Gruppen eingetragen. Die Ausmessung der Audiogramme erfolgte bei den Frequenzen von 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 Hz. Dabei kamen alle Audiogramme zur Auswertung, auch solche, die geringe pathologische Abweichungen vom normalen zeigten. Eine besondere Auswahl wurde nicht getroffen, da alle Audiogramme in die Rechnung einbezogen sind. Zur Berechnung wurden die Audiogramme beider Ohren ausgewertet.

Die Rechnung erfolgte in folgender Reihenfolge:

Zunächst wurden die Summen der Einzelwerte ($\sum x_i$) der vier Gruppen und

die Summe der Einzelquadrate ($\sum x_i^2$) ermittelt. Aus der Summe der Einzelwerte ergab sich durch Division mit der Anzahl der Einzelbeobachtungen (N) der Mittelwert $\bar{x}$.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad (1)$$

Im weiteren Rechengang berechnete man die mittlere Abweichung s aus der Summe aller Quadrate, dividiert durch die Zahl der Einzelbeobachtungen minus eins (SNEDECOR (15)).

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} \quad (2)$$

$$s = \sqrt{s^2} \quad (3)$$

Die mittlere Abweichung des Mittelwertes wurde nach folgender Formel gewonnen:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{N - 1}} \quad (4)$$

Die Rechnung erfolgte in dieser Weise sowohl für die Luftleitung als auch für die Knochenleitung bei den Frequenzen 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 Hz.

Im einzelnen ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 3

Mittelwerte und Streuung der Luftleitung in dB:

Gruppe	256	512	1024	2048	4096	6144	8192 Hz
6,1 - 7	10,0	8,9	10,0	10,6	10,9	11,6	12,0
(1)	±3,8	±2,9	±2,9	±3,9	±4,0	±4,8	±5,5
7,1 - 8	9,7	9,1	10,1	9,6	10,8	11,2	12,1
(2)	±3,5	±2,7	±3,5	±6,7	±4,9	±5,2	±6,3
8,1 - 9	9,5	8,5	9,9	10,5	11,7	11,7	12,2
(3)	±3,3	±3,1	±2,6	±3,2	±4,7	±5,3	±5,8
9,1 - 10	8,8	7,9	8,8	9,7	11,5	12,2	12,2
(4)	±3,4	±2,6	±3,3	±3,7	±5,8	±5,9	±6,3

Tabelle 4

Mittelwerte und Streuung der Knochenleitung in dB :

Gruppe	256	512	1024	2048	4096	6144	8192 Hz
6,1 - 7	3,3	3,0	3,5	4,0	4,1	4,9	5,5
(1)	±2,2	±2,1	±1,9	±2,7	±2,5	±3,4	±4,1
7,1 - 8	3,4	3,3	3,8	3,9	4,2	4,6	5,9
(2)	±1,9	±1,9	±1,5	±2,4	±2,6	±3,3	±2,4
8,1 - 9	3,5	3,0	3,7	4,2	4,5	5,3	5,8
(3)	±2,2	±1,8	±2,2	±2,0	±2,7	±3,9	±3,7
9,1 - 10	2,7	2,3	2,6	3,4	4,0	5,3	5,8
(4)	±1,7	±1,8	±1,6	±2,5	±3,1	±3,8	±3,9

An diese Rechnung schloß sich eine Varianzanalyse an. Nach deren Durchführung zeigte es sich, daß zwischen den Mittelwerten der Altersklassen in einzelnen Frequenzen ein signifikanter Unterschied besteht. Dieser Unterschied ist jedoch so gering, daß er praktisch keine Bedeutung hat und vernachlässigt werden kann. So konnte aus den Mittelwerten in allen Frequenzen der vier Gruppen ein Gesamtmittelwert errechnet werden.

Dieser Gesamtmittelwert wurde in folgender Weise berechnet:

$$\bar{x}_{\text{gesamt}} = \frac{N_1 \bar{x}_1 + N_2 \bar{x}_2 + N_3 \bar{x}_3 + N_4 \bar{x}_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} \quad (5)$$

Zur Streuung des Gesamtmittelwertes kam man auf folgendem Wege:

$$s_{\text{gesamt}}^2 = \frac{SAQ_1 + SAQ_2 + SAQ_3 + SAQ_4}{N - K} \quad (6)$$

SAQ = Summe der Abweichungsquadrate.

Die Summe der Abweichungsquadrate gewinnt man bei der Berechnung der Abweichung s.

K = Anzahl der Einzelkollektive, hier die Anzahl der Gruppen.

c) Varianzanalyse

Die Varianzanalyse sollte zeigen, ob zwischen den gewonnenen Mittelwerten der einzelnen Gruppen signifikante Unterschiede bestehen. Zu diesem Zwecke werden der F-Test und der t-Test durchgeführt.

Bei dem t-Test prüft man nach Berechnung der einzelnen Mittelwerte, zwischen welchen Mittelwerten eine Differenz von der Größe ist, wie sie zufällig vorkommen kann, wenn man willkürlich Stichproben aus einer gleichen Grundgesamtheit herausnimmt. Man nimmt dabei an, daß es sich bei den gewonnenen Mittelwerten um solche handelt, die aus einer normalverteilten Grundgesamtheit gewonnen wurden. Mit dem F-Test werden die Streuungen verglichen.

Unter Stichproben verstehen wir die Werte, von denen wir zu Beginn der Untersuchung ausgehen und die uns zu unserem Mittelwert führen. Im vorliegenden Falle wären die Stichproben die Audiogramme der untersuchten Kinder. Die Grundgesamtheit wären dann alle für die Audiogramme in Frage kommenden Kinder im Alter von 6 - 10 Jahren.

Aus dieser Grundgesamtheit stammen unsere Stichproben. Nach dem F-Test darf der t-Test durchgeführt werden, wenn festgestellt wurde, daß das empirisch gewonnene F das tabellarische F überschreitet. Dann kann man annehmen, daß zwar die Streuungen innerhalb der Gruppen gleich sind, aber wegen des Auseinanderfallens der Mittelwerte diese nicht aus einer einzigen normalverteilten Grundgesamtheit kommen. Mit dem t-Test werden also die Mittelwerte verglichen.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit sagt aus, mit welcher Wahrscheinlichkeit man bei erneuter Auswahl von Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit zu einem ähnlichen Ergebnis kommt. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % würde das bedeuten, daß man bei x Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit in 95 % der Fälle stets einen signifikanten bzw. nicht signifikanten Unterschied erhält, während man in 5 % der Fälle ein gegen teiliges Ergebnis erzielt.

Dementsprechend wurde zuerst die Streuung der einzelnen Teilkollektive mit dem F-Test und die gefundenen Werte mit der F-Tabelle verglichen. Der angestellte F-Test ergab, daß bei Luftleitung zwischen den Werten bei den Frequenzen 250, 2000, 4000, 6000 Hz kein signifikanter Unterschied besteht. Für die Frequenzen 500, 1000, 8000 Hz ergab sich eine Signifikanz. Für diese wurde der t-Test durchgeführt. Bei der Knochenleitung zeigte sich im F-Test eine Signifikanz bei den Frequenzen von 500, 1000 Hz, für die ebenfalls der t-Test vorgenommen wurde.

Tabelle 5

Luftleitung

Zu Tabelle 5: Vorhandene Signifikanz bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit (IW) $\geq 5\%$.

Gruppenvergleich		512		1024	
		$x_1 - x_2$	IW	$x_1 - x_2$	IW
1	2	0,4	30 %	1,16	<u>2 %</u>
1	3	1,2	<u>1 %</u>	1,3	<u>0,5 %</u>
1	4	1,0	<u>2 %</u>	1,2	<u>2 %</u>
2	3	0,8	<u>5 %</u>	0,14	70 %
2	4	0,6	10 %	0,04	90 %
3	4	0,2	60 %	0,1	80 %

Tabelle 6

Knochenleitung

Gruppenvergleich		512		1024	
		$x_1 - x_2$	IW	$x_1 - x_2$	IW
1	2	0,7	<u>5 %</u>	1,1	<u>0,1 %</u>
1	3	1,0	<u>0,1 %</u>	1,2	<u>0,1 %</u>
1	4	0,7	<u>2 %</u>	0,9	<u>0,1 %</u>
2	3	0,3	50 %	0,1	70 %
2	4	0,0	0 %	0,2	40 %
3	4	0,3	50 %	0,3	20 %

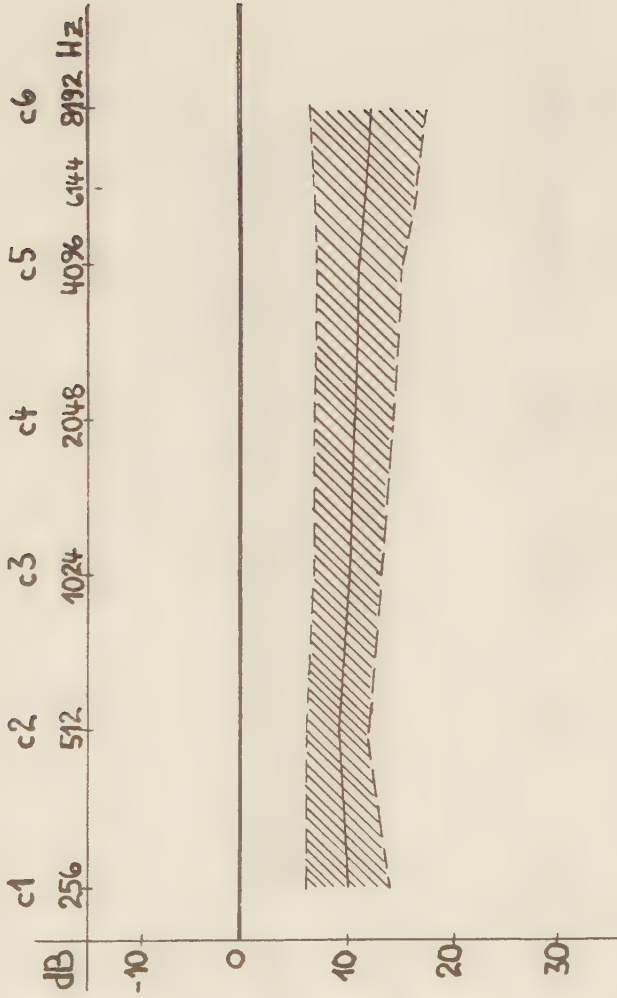
Zu Tabelle 6: Vorhandene Signifikanz bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit (IW) $\geq 5\%$.

In Tabelle 5 und 6 sind nur die Frequenzen genannt, für die der t-Test durchgeführt wurde. Die signifikanten Werte sind in der Tabelle unterstrichen.

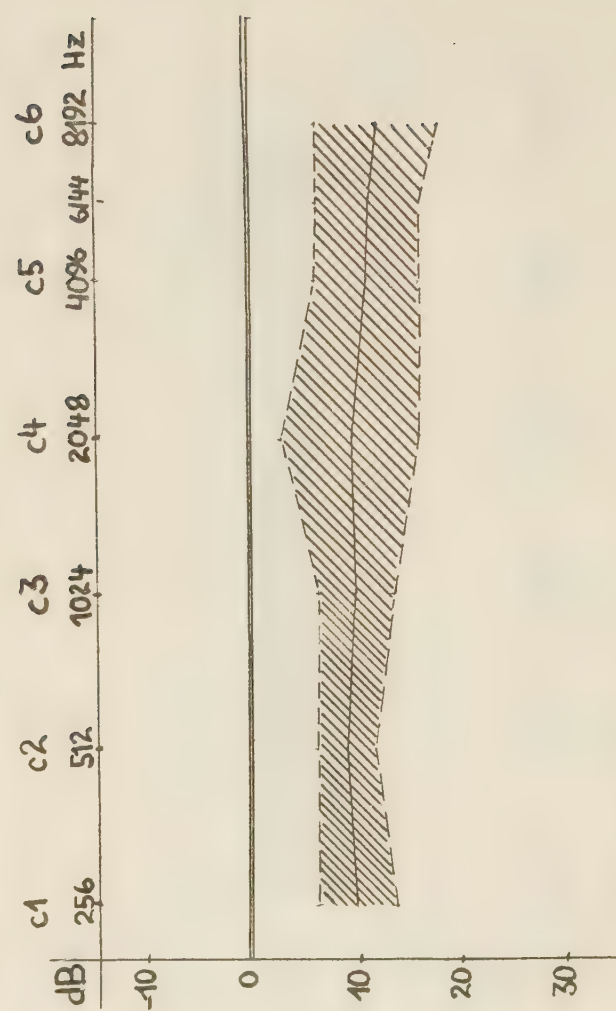
d) Graphische Darstellung der Durchschnittshörschwelle für die einzelnen Gruppen (siehe folgende Seiten!)

In den Zeichnungen ist die Durchschnittshörschwelle angegeben in dB Hörverlust. Die Streuung ist schraffiert.

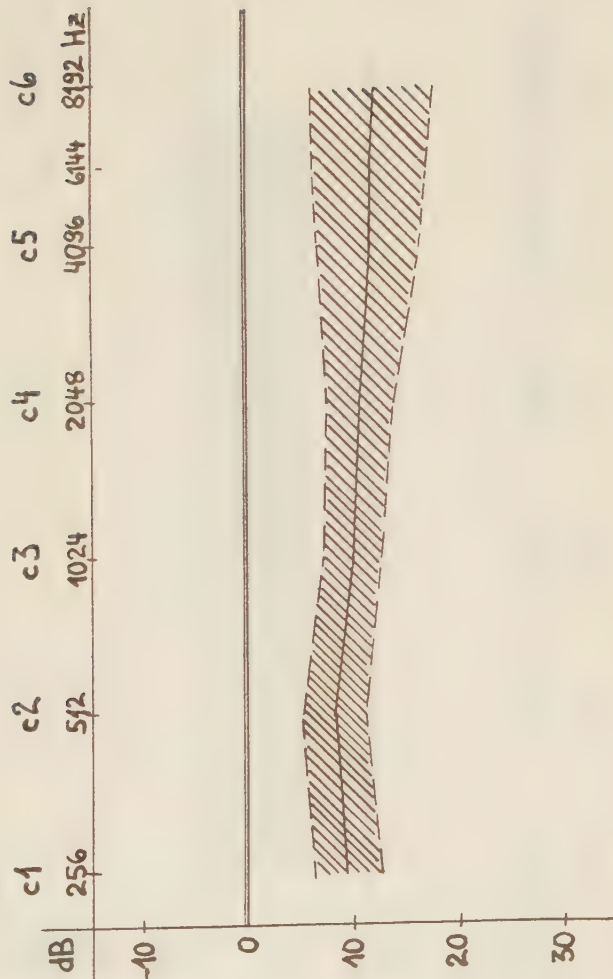
Luftleitung 61-7 Jahre



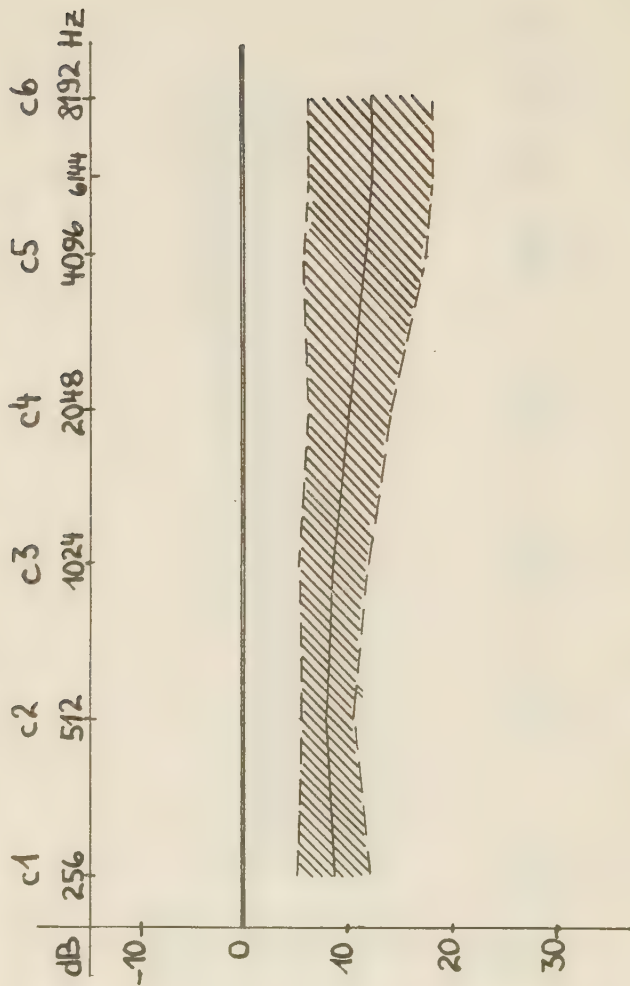
Luftleitung 7,1 - 8 Jahre



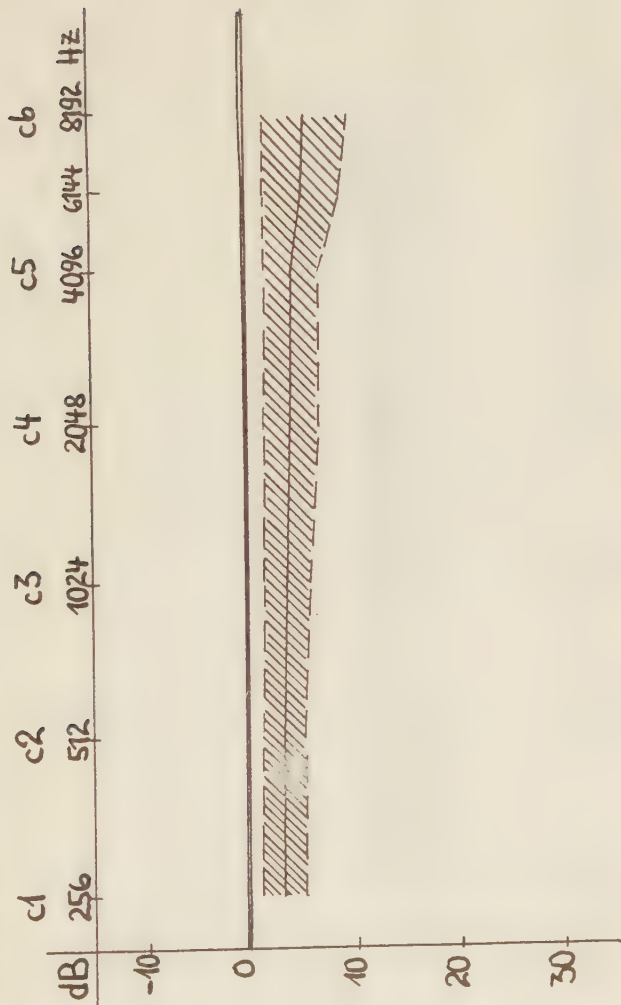
Lufftleitung 81-9 Jahre



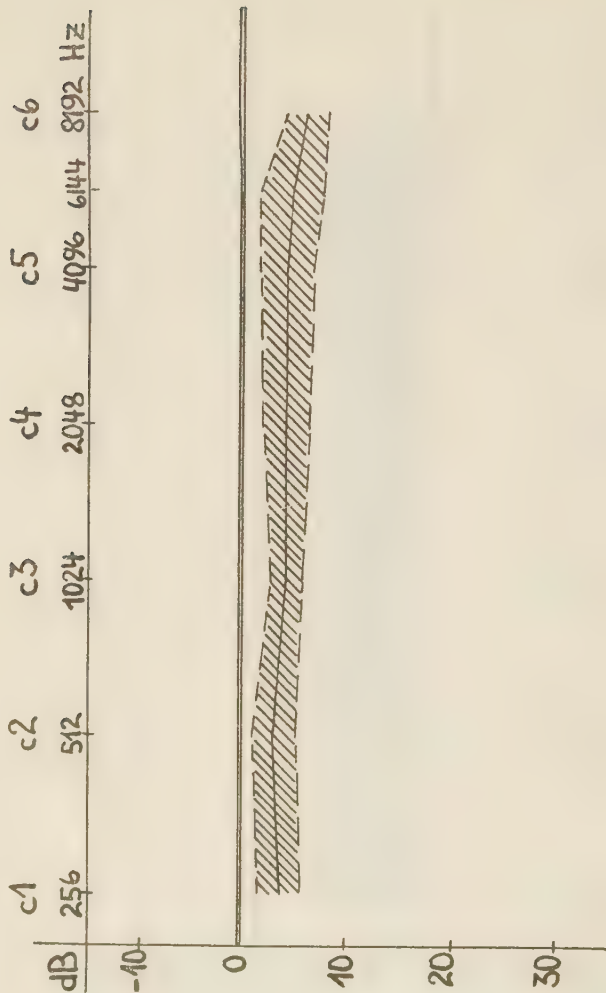
Luftleitung 9,1 - 10 Jahre



Knochenleitung 61-7 Jahre

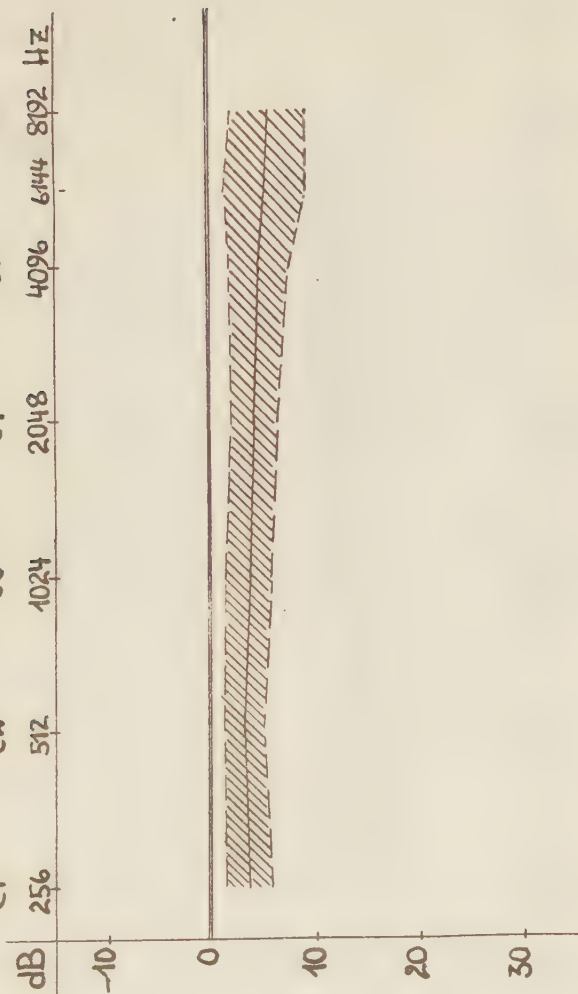


Knochenleitung 7,1-8 Jahre

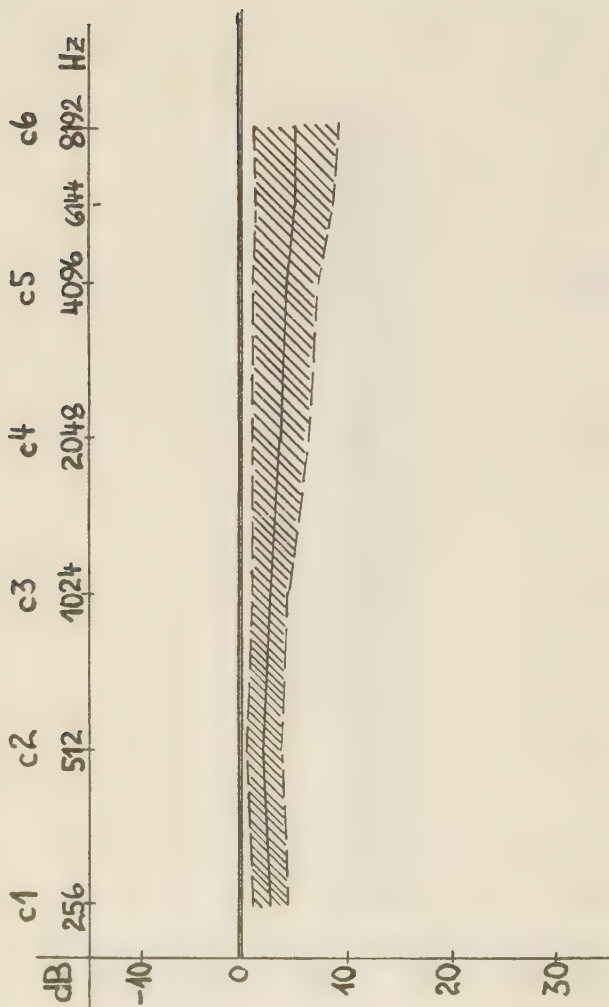


Knochenleitung 81-9 Jahre

	c1	c2	c3	c4	c5	c6
	256	512	1024	2048	4096	8192 Hz



Knochenleitung 91-10 Jahre



ERGEBNISSE

Die Angaben in dB über die Ergebnisse der Untersuchung beziehen sich auf die normale deutsche Hörschwelle (Hörverlust), die von MRASS und DIESTEL angegeben wurde.

a) Einzelgruppen

Für die Gruppe 1, in der Kinder im Alter von 6 - 7 Jahren erfaßt wurden, liegt die Hörschwelle in allen Frequenzen bei Luftleitung bei etwa 10 dB. Die Abweichungen ergaben sich nur in den hohen Frequenzen. Bei diesen liegt die Schwelle um 2 dB höher (Tab. 3 und Abb. S. 13). Die Streuung ist bei den hohen Frequenzen 4000 bis 8000 Hz und auch bei der tiefen Frequenz von 250 Hz wesentlich stärker als im mittleren Frequenzbereich. Daraus könnte man folgern, daß schon im Kindesalter das Hören hoher, leiser Töne nicht so optimal ist, wie es im allgemeinen angenommen wird, und vor allem individuell starken Schwankungen unterworfen ist. Es wäre aber auch zu berücksichtigen, daß die Konzentrationsfähigkeit der Kinder bei der Audiometrie nachlassen könnte. Das Ergebnis würde davon natürlich besonders bei Kindern in diesem Alter beeinflußt. Bei Knochenleitung findet sich ein ähnliches Bild. Von 250 Hz bis 1000 Hz liegt die Schwelle bei 3 dB, von 2000 Hz bis 8000 Hz bei 4 dB (Tab. 4 und Abb. S. 17). Die Streuung ist auch hier in den hohen Frequenzen am stärksten.

Bei Gruppe 2, Kinder im Alter von 7 - 8 Jahre, finden wir eine Hörschwelle, die von 250 Hz bis 2000 Hz Luftleitung bei rund 10 dB liegt. Die Streuung ist hier in den tiefen Frequenzen geringer als in den hohen. Sie erreicht bei 2000 Hz ein Maximum, fällt dann nach 4000 Hz wieder ab, ist aber immer noch größer als in den tiefen Frequenzen. Die Schwelle ist bei der Knochenleitung in den hohen Frequenzen geringfügig höher als in den tiefen. Die Streuung verhält sich bei allen Werten unauffällig. Sie zeigt keine wesentlichen Abweichungen innerhalb der Gruppe.

Bei der Gruppe 3, Kinder im Alter von 8 - 9 Jahren, und der Gruppe 4, Kinder im Alter von 9 - 10 Jahren, verhalten sich die Werte ähnlich. Stets zeigt sich bei den hohen Frequenzen die stärkste Streuung sowohl bei Luft-

leitung als auch bei Knochenleitung (Tab. 3 und 4, Abb. S. 14, 15, 16, 18, 19, 20). Die Hörschwelle liegt auch hier in den tiefen Frequenzen tiefer als in den hohen.

b) Vergleich der Gruppen untereinander

Vergleicht man die Gruppen untereinander, so stellt man fest, daß sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen ergeben. Bemerkenswert ist, daß sich die vier Kollektive in den hohen Frequenzen von 4000 Hz bis 8000 Hz bei Luftleitung nicht unterscheiden. Für diese Frequenzen ist das Hörvermögen der Kinder in der Altersgruppe von 6 - 10 Jahren gleich gut oder schlecht. Die Streuung der Mittelwerte unterscheidet sich ebenfalls nicht wesentlich. In den niederen Frequenzen von 250 Hz bis 500 Hz Luftleitung zeigen sich besonders zwischen der ersten und der vierten Gruppe Unterschiede. Die Hörschwelle der Gruppe 4 liegt dabei tiefer als bei der Gruppe 1 (Tab. 3). Zwischen den Gruppen 1 - 3 sind diese Unterschiede nicht so deutlich. Bei den Frequenzen 1000 Hz und 2000 Hz Luftleitung zeigen sich von Gruppe 1 - 3 keine Besonderheiten. Die Schwelle bei Gruppe 4 liegt dabei wieder tiefer als bei den anderen. Die Ursache für diese Erscheinung könnte, wie schon oben erwähnt, darin zu suchen sein, daß die Aufmerksamkeit und Genauigkeit der Kinder im Alter von 9 - 10 Jahren während der Untersuchung größer ist als bei Kindern der darunterliegenden Altersgruppen. Aus der Pädiatrie ist bekannt, daß z. B. Schmerzangaben bei Kleinkindern und Schulkindern in den unteren Schuljahrgängen für eine Diagnose sehr vorsichtig bewertet werden müssen. Die Angaben sind oft ungenau. Bei der Audiometrie ist zu erwarten, daß die Angaben der Kinder ebenfalls nicht genau werden. Die Kinder werden von der ungewohnten Umgebung des Raumes, den verwendeten Geräten irritiert. Sie sind außerdem darauf bedacht, bei der Untersuchung keinen Fehler zu begehen. Diese Faktoren werden sicher auf das Ergebnis der Audiometrie Einfluß nehmen. Eine andere Begründung für diesen eigentlich nicht zu erwartenden Unterschied wäre, daß sich das Hörvermögen erst im Laufe der Kindheits- und Jugendentwicklung zu einem Optimum ausbildet.

Bei der Knochenleitung waren diese Unterschiede ebenfalls vorhanden. Für die Gruppe 1 - 3 lag die Schwelle höher als bei der Gruppe 4.

c) Normhörschwelle für Kinder im Alter von 6 - 10 Jahren

Für die vorliegende Altersgruppe sollte nach Abschluß der Untersuchungen eine Normhörschwelle ermittelt werden. Es ergaben sich zwischen den Einzelkollektiven nur bei zwei Frequenzen Unterschiede, die sich bei genauer statistischer Prüfung finden ließen. Diese Unterschiede sind aber zu klein, um eine praktische Bedeutung zu haben. Deshalb konnte aus den Mittelwerten aller Frequenzen der einzelnen Gruppen eine Normhörschwelle für Kinder im Alter von 6 - 10 Jahren festgelegt werden.

Tabelle 7

Mittelwerte der Normhörschwelle in dB Hörverlust und Streuung bei
Luftleitung

256	512	1024	2048	4096	6144	8192 Hz
9,6	8,6	9,8	10,1	11,2	11,6	12,1
±3,5	±2,8	±3,1	±4,6	±4,8	±5,3	±5,9

Tabelle 8

Mittelwerte der Normhörschwelle in dB Hörverlust und Streuung bei
Knochenleitung

256	512	1024	2048	4096	6144	8192 Hz
3,3	2,9	3,5	3,9	4,2	4,9	5,6
±2,0	±1,9	±1,8	±2,4	±2,7	±3,6	±3,5

Zwischen der Knochenleitung und der Luftleitung findet sich bei allen Frequenzen eine Differenz von durchschnittlich 6 dB, so daß der Eindruck einer Schalleitungsstörung entsteht. Die Knochenleitung ist ihrerseits um weniger als 5 dB bei allen Frequenzen schlechter als bei normalhörenden 18 - 25jährigen Probanden anderer Untersucher (MRASS und DIESTEL).

Sie liegt unter der deutschen Normhörschwelle im Hörverlustbereich. Für die Erklärung der erwähnten Schalleitungsstörung gibt es zwei Möglichkeiten. Die erste besteht in der Annahme, daß bei einem nach Zufallskriterien ausgewählten "normalhörenden" Personenkreis tatsächlich geringe Schalleitungsstörungen auf Grund von Tubenkatarrhen oder sonstigen banalen Ohrenerkrankungen auftreten. Die zweite Erklärung basiert auf methodischen Überlegungen. Die Luftleitungshörschwelle maß man mit Kopfhörern. Die Voraussetzung für ein exaktes Ergebnis bei einer derartigen Hörprüfung ist der absolut dichte Sitz dieser Kopfhörer. Die Einheit Kopfhörer, Gehörgang, Trommelfell muß als Druckkammer aufgefaßt werden, d. h. der in diesem System entstehende Schalldruck bei gegebener Spannung der Hörerklammern wird abgesehen von dem Luftvolumen des Systems vor allem von dessen Dichtigkeit abhängen.

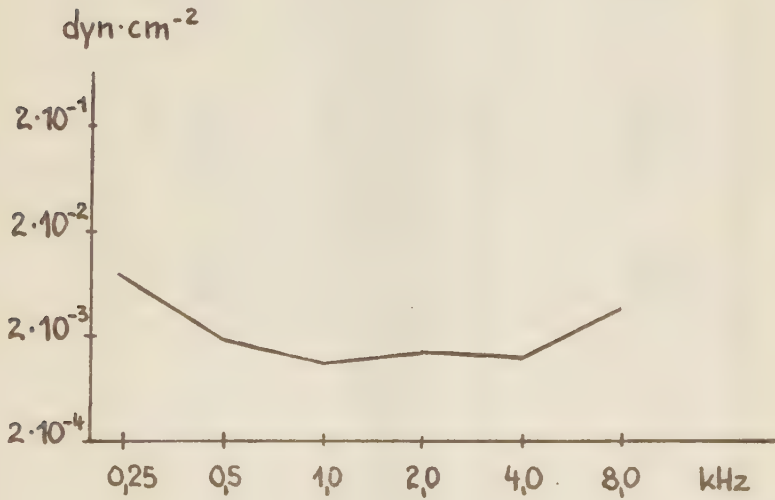
Die Kleinheit des kindlichen Kopfes bedingt selbstverständlich einen kleineren Krümmungsradius auch in der Umgebung des Ohres. Darüber sitzen die für Erwachsene bestimmten Hörer nun sehr unvollkommen, so daß ein größerer Teil des Schalldruckes an den undichten Stellen entweichen kann (SCHMITT und ZEHEM (18)).

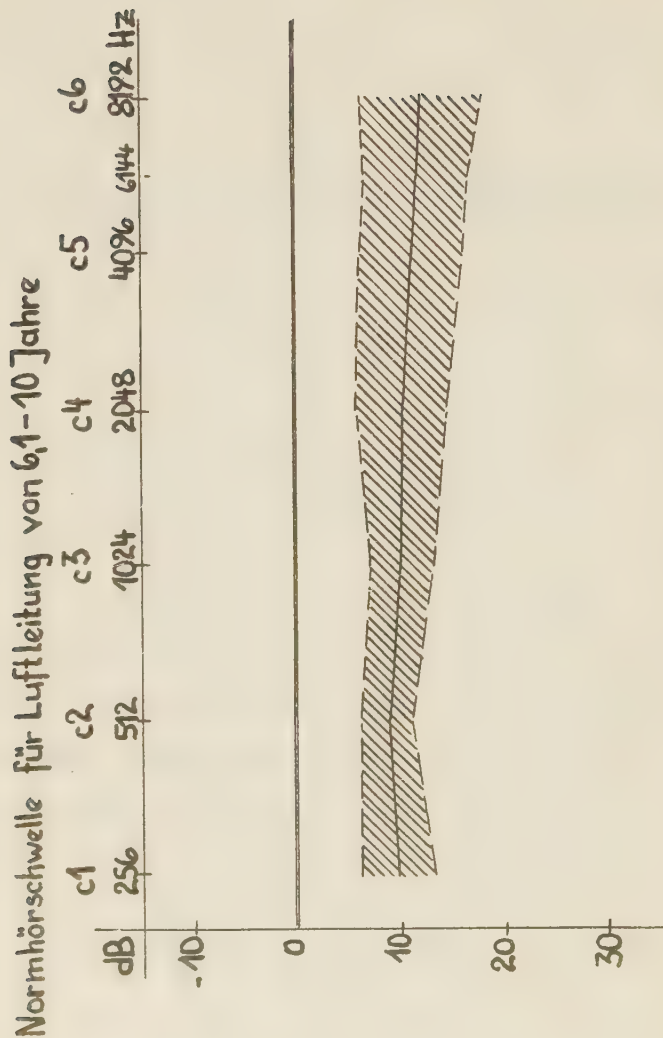
Die graphische Darstellung der Normhörschwelle in dB Hörverlust folgt auf den Seiten 26 und 27. Dabei wurden die Werte aus praktischen Erwägungen zu ganzen Zahlen aufgerundet. Die Streuung ist schraffiert.

d) Graphische Darstellung der Normhörschwelle im absoluten Maßsystem

Um die Möglichkeit zu haben, die gefundene Normhörschwelle mit anderen Untersuchungen zu vergleichen, empfiehlt es sich, die Normhörschwelle für Luftleitung nicht nur in dB Hörverlust anzugeben, sondern auch in dB bezogen auf den Schalldruck ($\text{dyn} \cdot \text{cm}^{-2}$ oder $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$). Dabei bilden $2 \cdot 10^{-4} \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-2}$ den Bezugspunkt für 0 dB.

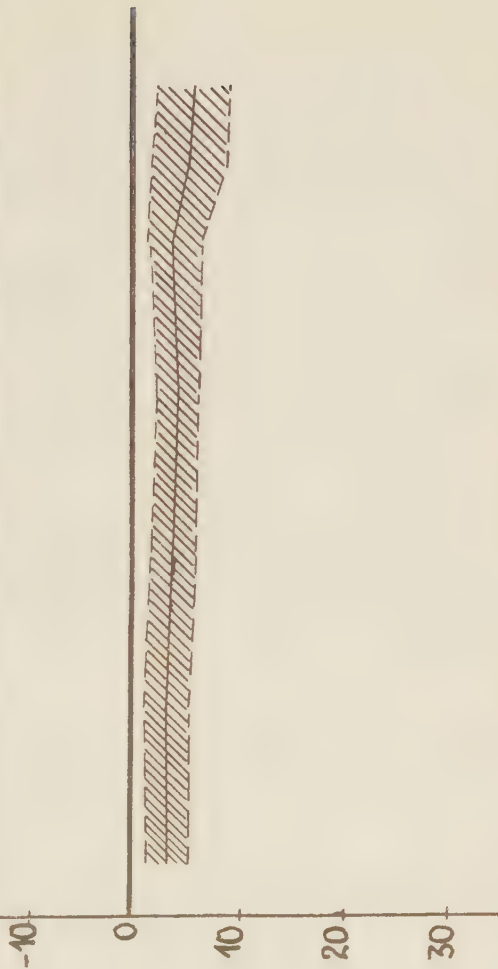
Normhörschwelle für Luftleitung in $\text{dyn}\cdot\text{cm}^{-2}$





Normhörschwelle für Knochenleitung von 6,1-10 Jahre

dB	c1	c2	c3	c4	c5	c6
	256	512	1024	2048	4096	8192 Hz



e) Vergleich mit anderen Untersuchern

Ein Vergleich mit anderen Autoren gestaltet sich nach der vorliegenden Literatur schwierig. Bei allen Untersuchern, die sich mit dem Hörvermögen bei Erwachsenen und Kindern beschäftigt haben, fehlt eine Angabe über die Eichung der Audiometer. Ein exakter Vergleich ist also mit den meisten nicht möglich. Man könnte lediglich vermuten, daß die von de la ROSÉ gewonnenen Werte bei Kindern im Alter von 7 - 10 Jahren und die jetzigen Ergebnisse in ihrem Aussagewert etwa gleich sind.

Die Untersuchungen von MRASS und DIESTEL, die die Grundlage der deutschen Normhörschwelle für Erwachsene darstellen, lassen sich für einen exakten Vergleich heranziehen, da die bei der vorliegenden Arbeit verwendeten Audiometer nach deren Methode geeicht waren.

Die ermittelte Hörschwelle liegt bei den Frequenzen 250, 500 Hz um 8 dB, bei 1000, 2000 Hz um 10 dB, bei 4000 Hz um 11 dB und bei 8000 Hz um 12 dB über der deutschen Normhörschwelle für Erwachsene. Danach kann man sagen, daß sich das Hörvermögen der Kinder nicht wesentlich von dem eines normalhörenden Erwachsenen von 20 Jahren unterscheidet, besonders wenn man beachtet, daß die Audiometrie bei Kindern mit gewissen Schwierigkeiten verbunden ist (Kopfform, Sitz der Hörer, Wirkung der ungewohnten Umgebung auf das Kind u. a.).

Vergleicht man die gefundene Hörschwelle mit der amerikanischen Hörschwelle für Erwachsene, so zeigt es sich, daß die amerikanische Hörschwelle bei 250, 500, 1000 Hz über der Normhörschwelle liegt und zwar im einzelnen bei 250 Hz um 10 dB, bei 500 Hz um 6 dB, bei 1000 Hz um 2 dB. Bei 2000, 4000, 8000 Hz liegt sie darunter. Als Normhörschwelle wurde für diesen Vergleich die Normhörschwelle bei Luftleitung benutzt. Die graphische Darstellung der Normhörschwelle für Kinder im Vergleich zur deutschen und amerikanischen Hörschwelle für Erwachsene findet sich auf Seite 30. Auch hier wurde nur die Luftleitung verglichen.

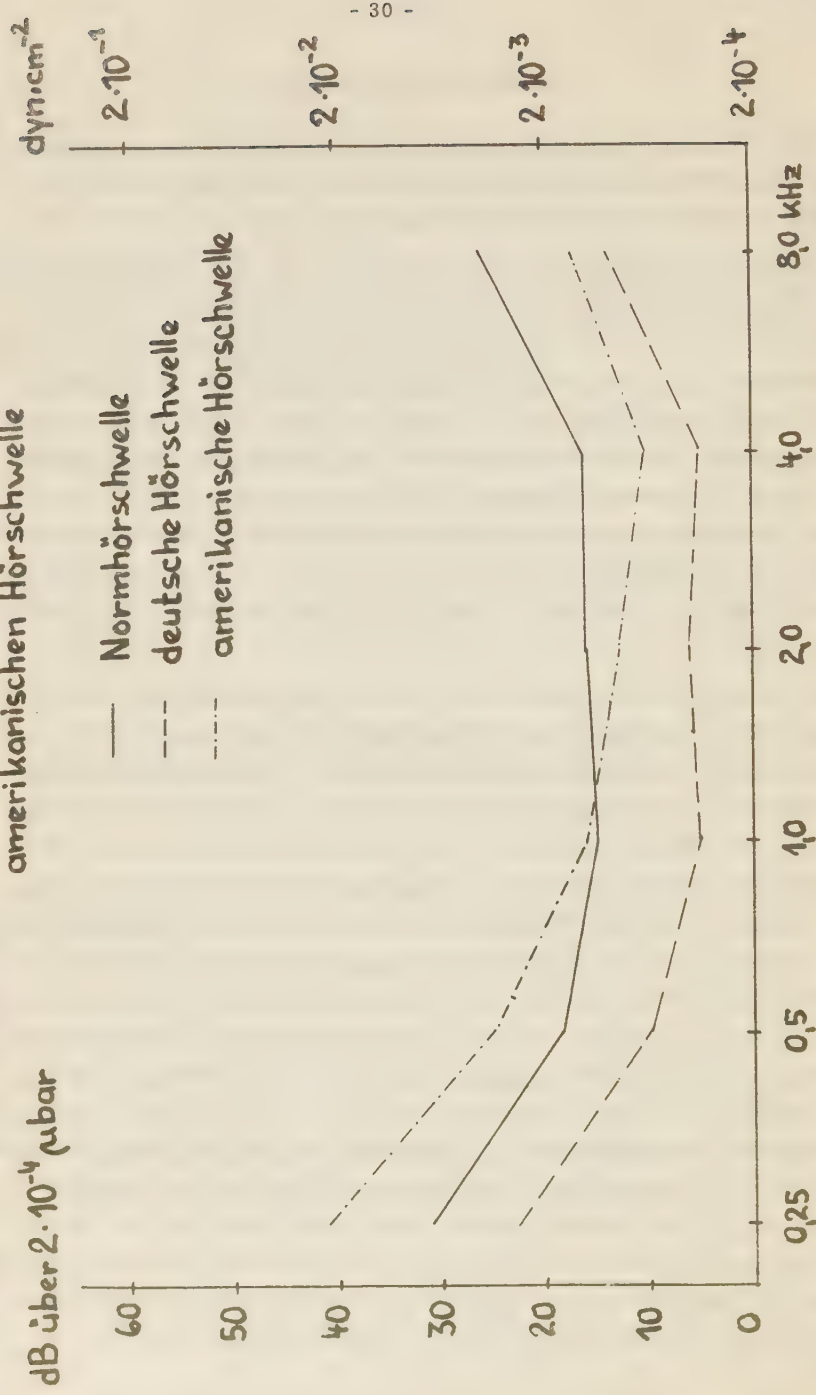
SCHLUSSBETRACHTUNG

Die vorliegende Arbeit sollte eine Normhörschwelle für Kinder im Alter von 6 bis 10 Jahren erbringen. Aus den Ausführungen geht hervor, daß sich eine solche Hörschwelle ermitteln läßt.

Als normalhörend wurden Kinder bezeichnet, wenn weder den Eltern noch den Lehrern aufgefallen war, daß die Kinder schwer hören. Ergab die spätere Audiometrie geringe Hörstörungen, so wurden diese Audiogramme trotzdem in die Auswertung einbezogen, da ja die Kinder im landläufigen Sinne als normalhörend galten. Ausgewertet wurde sowohl das Audiogramm des rechten wie auch des linken Ohres. Die Aufteilung in die vier Einzelgruppen erschien aus technischen Erwägungen heraus ratsam. Zwischen den Einzelgruppen ergaben sich bei der jeweiligen Gruppenhörschwelle wohl geringe Unterschiede, die aber für die Praxis von so geringer Bedeutung sind, daß man sie bei der Ermittlung der Normhörschwelle vernachlässigen kann.

Die gefundene Normhörschwelle für Kinder liegt im Durchschnitt 10 dB höher als die gültige deutsche Hörschwelle für Erwachsene. Sie nähert sich aber der amerikanischen stärker. Die Normhörschwelle für Kinder zeigt also einen geringen Hörverlust. Die Ursache dafür, daß sie im Bereich des Hörverlustes liegt, könnte darin begründet sein, daß der Kopfhörer bei Kindern nicht so dicht anliegt wie bei Erwachsenen. Die Abdichtung des Kopfhörers ist bei Kindern demnach schlechter. Ein zweiter Grund könnte sein, daß mit der Genauigkeit der Angaben bei der Audiometrie die Schwelle der Kinder größer wird. Je genauer die Angaben werden oder je mehr sich die Kinder um größere Genauigkeit bemühen, desto stärker wird ein Hörverlust angegeben (Receiver Operating Characteristic - CLARKE and BILGER (2)). Aus dem Gesagten läßt sich schließen, daß wir bei der deutschen Normhörschwelle für Erwachsene von einer optimalen Hörschwelle sprechen können, während die amerikanische Hörschwelle demgegenüber dem Begriff der Norm eher gerecht wird. Diese Norm wäre das Durchschnittshörvermögen der Bevölkerung, das beeinflußt wird durch das eventuell für jede Altersgruppe verschiedene Verhalten unter den Prüfungsbedingungen der Audiometrie ("Receiver Operating Characteristic").

Graphischer Vergleich der Normhörschwelle mit der deutschen und amerikanischen Hörschwelle



Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Referenten, Herrn Professor Dr. med. H. Wullstein, an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Themas zu danken. Er gab die Möglichkeit dazu, daß die für die Arbeit notwendigen Untersuchungen in der Poliklinik und der audiologischen Abteilung der Hals-, Nasen- und Ohrenklinik durchgeführt werden konnten.

Herrn Dr. med. H.G. Schmitt, dem Leiter der audiologischen Abteilung, möchte ich für die Beratung und die Anregungen danken, die ich während dieser Zeit von ihm erhielt. Er gab mir die Möglichkeit, spezielle experimentelle Ergebnisse seiner Abteilung bei der Ausführung der Arbeit zu verwenden und beriet mich mit viel Geduld in allen statistischen Fragen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. CHAVASSE und LEHMANN: Contribution à l'étude du zéro absolu des audiomètres
Acustica 7, 132 (1957)
2. CLARKE, Frank R. and Robert S. BILGER: The theory of Signal Detectibility and the measurement of hearing in "Modern Developments in Audiology"
Edided by J. Jeger - Academic Press
New York and London 1963
3. CORSO, J.: Age and sex differences in puretone thresholds
Archives of Otolaryngolog. 77, 385 (1963)
4. DADSON, R. S.: The normal threshold of hearing and other aspects of standardization in audiometry
Acustica 4, 151 (1954)
5. - Standards in audiometry and the normal threshold of hearing
Acta otolaryng. Suppl. 90, 59 (1950)
6. DADSON, R. S. and J. H. KING: A determination of the normal threshold of hearing and its relation to the standardization of audiometers
J. Laryng. and Otol. 66, 366 (1952)
7. HARDY, G. and John E. BORDELY: Observations from controlled study on the effects of nasopharyngeal irradiant on a group of school age children
Am. of. Otol. 63, 816 (1954)
8. HEITE, H. J.: Statistische Rechenblätter
Marburg an der Lahn 1952
9. HINCHCLIFF, R.: The threshold of hearing as a function of age
Acustica 9, 303 (1959)
10. HOSEMANN, H.: Die Grundlagen der statistischen Methoden für Mediziner und Biologen
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1949
11. MRASS, H.: Zur Standardisierung der Bezugsschwelle von Reintonaudiometern
Hörgeräte-Akustik, 1, 12 (1962)

12. MRASS, H. und
H.G. DIESTEL: Bestimmung der Normalhörschwelle
für reine Töne bei einohrigem Hören
mit Hilfe eines Kopfhörers
Acustica 9, 61 (1959)
13. LANGENBECK: Leitfaden der praktischen Audiometrie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1952
14. de la ROSÉ, Graf Bernhard: Untersuchungen über das normale Hör-
vermögen in den verschiedenen Lebens-
altern unter besonderer Berücksichtigung
der Prüfung mit dem Audiometer.
Ztschr. f. Laryngolog. 32, 414 (1953)
15. SNEDECOR: Statistical methods
The Iowa State University Press 1956
16. STEINBERG, J.C.,
H.C. MONTGOMERY and
M.B. GARDNER: Results of the world fairs hearing test
J. Acoust. Soc. Amer. 12, 291 (1940)
17. WHEELER, C.J. and
E.D.D. DICKSON: The determination of the threshold of
hearing
J. Laryng. and Otol. 66, 379 (1952)
18. SCHMITT, H.G. und
S. ZEHM: Über den Einfluß des Ohrpaßstückes auf
den Frequenzgang der Schallübertra-
gung vom Hörer zum Trommelfell
(Modellversuch am künstlichen Ohr)
Manuskript.

LEBENS LAUF

Am 29. Juni 1940 wurde ich als Sohn des Angestellten Bruno Neumann und seiner Ehefrau Hedwig, geb. Kaiser, in Weißwasser O/L geboren.

Von 1946 bis 1954 besuchte ich die Volksschule in Meißen/Elbe. Von 1954 bis zum Juni 1958 war ich Schüler der Ernst-Schneller-Oberschule in Meißen/Elbe und legte im Juni 1958 die Reifeprüfung ab.

Im Juli 1958 verließ ich die Ostzone, da sich mir keine Möglichkeit zum Studium der Medizin bot. In Neustadt an der Weinstraße nahm ich am Sonderkurs für SBZ-Abiturienten teil und bestand im März 1959 die Sonderprüfung. Im Sommersemester 1959 begann ich das Medizinstudium an der Universität Würzburg. Im Mai 1960 legte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung, im Oktober 1961 die ärztliche Vorprüfung ab.

Dann studierte ich zwei Semester an der Universität Hamburg; in Würzburg setzte ich mein Studium fort und legte vom 10.8.1964 bis zum 15.12.1964 das medizinische Staatsexamen ab.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsquellen benutzt habe.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich bisher von keiner anderen Seite ein Dissertationsthema zur endgültigen Bearbeitung erhalten habe.

Peter Neumann

OFFSETDRUCK GUGEL
Würzburg, Burkarderstr. 9